

生徒の探究力の変容に関する一考察

—理科の探究学習を通して—

中等教育研究部

星城中学校教諭 近藤英章

はじめに

1. 「探究力」をつけさせるための手立て
 - 1-1. 本研究で定義する「探究力」
 - 1-2. 学び合いの導入
 - 1-3. 指導案の複線化
2. 生徒 UF の探究する方法を考察する
 - 2-1. UF の捉えと願い
 - 2-2. 対照実験
 - 2-3. 探究心の芽生え
 - 2-4. まず仮定して矛盾があるかを考える
 - 2-5. モデル化して推論する UF
3. 生徒 AA の探究力を考察する
 - 3-1. AA の捉えと願い —1 年目
 - 3-2. AA の発言に見る —2 年目
 - 3-2-1. 実験の限界を把握
 - 3-2-2. AA の意味する「圧力」とは
 - 3-2-3. 教師の意図を超えた質問
 - 3-3. AA の変容

おわりに

はじめに

私は中等教育研究部に 2 年間所属し、探究学習に関する研究をしてきた。特に最初の 1 年は驚きの連続であった。というのは、今までの教師としての自分の授業を振り返ってみると、授業内容は講義やドリルを中心とするもので、知識注入型の授業であり、実験や観察はもちろんやっていたが、どちらかというと補助的なもので、教師主体の授業だったからである。

最初の1年はとにかく教師主体の授業から生徒主体の授業へ変革し、理科好きの生徒をつくることに取り組んだ¹⁾。どの抽出生徒も調べ、実験や観察の結果を考察することはできたが、考察した結果を全体に発表し、そこからまた話し合いをすることはできなかった。

表1：研究1年目の「探究力」の項目

	調べる	実験結果や観察の結果を考察	考察した結果を全体に発表する
KN	○	○	×
SM	○	○	×
AA	○	○	×
TY	○	○	×

2年目は考察した結果やその過程も発表させ、図や表を使って説明する機会をつくり、そこから全体の話し合いに発展させようと考えた。そのために研究テーマを「自然現象に対して自ら探究する力の育成」とした。

生徒の探究力を育成するために基本的授業展開を図1のように定めた。まず、生徒に日常生活に密着した自然現象に着目させていく。生徒はそこから疑問を発見し、仮説を立てる。そして、調べ、実験方法を考え、実験する。その結果を考察し、話し合いをする。さらにクラス全体に発表する。そこからまた論議が起こるようにしていく。生徒同士の話し合いの中で、問題は解決に近づいたり、新たな疑問が発生したり、永続的な探究的な学習ができると考えられる。時には、最初の疑問に戻り、何が解決して、何が解決していないかを確認していく。このような流れで授業を展開した。

本稿ではこのような授業展開を通して、2名の抽出生徒の探究力の変容を、生徒の発言や記述から考察していく。

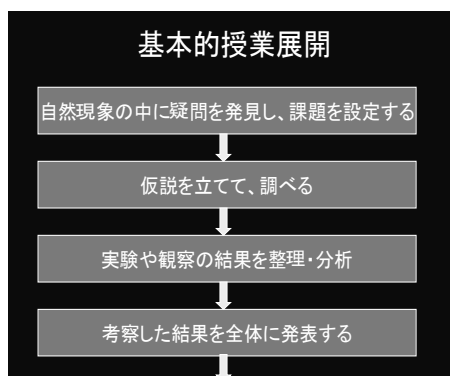


図1：基本的授業展開

1. 「探究力」をつけさせるための手立て

1-1. 本研究で定義する「探究力」

「探究力」の定義を1年目と同じでは生徒を固定的に評価してしまうと考えたので、「探究力」の定義を再検討し、項目も考えなおすことにした。研究2年目に本研究で定義する「探究力」とは、

自然現象の中に疑問を感じ、強い興味・関心をもとに調べることを基本とし、実験・観察の結果を整理して、話し合いを通して納得して、さらに興味・関心が深まる力とした。

具体的には人の意見を聞いて、自分の言いたいことを少しずつ変えながら、言葉を紡ぎながらも何とか自分の理屈を他の人に伝えようとしたり、ノートやプリントで自分の考えが窺われるような記述ができることをいう。

今年度は「探究力」が育成されたかを明らかにするために、項目を以下のように増やし、これらの項目²を基に、抽出生徒の探究力の変容を見ることにした。

- ①課題の設定 自然現象の中に疑問を発見し、課題を設定する。
- ②仮説の設定 自分なりの仮説を設定する。
- ③実験計画 どのような手順で実験をするかを計画する。その実験をするとどのような結果になるかも予想する。
- ④実験・観察 実験や観察をする。
- ⑤整理・分析 実験や観察の結果が、自分の立てた仮説通りになったかどうかを確認する。仮説通りにならなかった場合はどこがいけなかったかも考える。
- ⑥まとめ ノートやプリントに整理し、分析した結果を記録する。図やグラフを使う場合もある。
- ⑦表 現 まとめたものをわかりやすくクラス全体に発表する。
- ⑧活 用 新たな疑問に対しても過去の経験や知識を利用して、推論する。

このように日常生活に根付いた自然現象を柱として、生活の中で疑問や関心をいだかせ、話し合いによって生徒が目的意識を持って実験を行い、そして、生徒主体で授業を展開していけば、発見の感動の喜び・探究の楽しさを味わいながら学習する態度を身につけることができると考えた。さらに、生徒は直面した問題に対し、持っている知識を組み合わせで乗り越えていく。このような生徒が育成されることを期待した。

1-2. 学び合いの導入

教師から生徒への講義形式の授業では生徒の「探究力」が育成されないと考え、今年度は自分一人で実験を進めようとする UF と、話し合いの結果を詳細にまとめることのできる AA を年間通して同じ班になるように設定した。二人を同じ班にすれば、AA が UF に質問や反論をし、UF が AA に自分の考えを伝えるという学び合いが生まれると考えたからである。

UF と AA の個別の生徒の変容はそれぞれ、「2. 生徒 UF の探究する方法を考察する」、「3. 生

徒AAの探究力を考察する」の項で記述することにして、この1・2の項では特に二人の学び合いに関して論じる。

以下は、6月実践第3時班での話し合いの授業記録で、バナナに含まれるデンプンを糖分に分解する実験を行なっている。

UF	81	バナナしか入っていないくない？ははは、絶対砕きすぎているよ。おい、入れろ。 だから、ろ紙的なはたらきをしている。
AA	82	これってさあ、こっちの？UF、UF、こっちにかけたほうが良くない？
W	83	どっちが残るかわからん。
AA	84	こっちにかけるんじゃないの？（UF：何を？）
AA	85	・・・デンプンをこっちにたまる。こっちには残らないんだよ。何で下に落ちるの？
UF	86	ちょっと、ガラス棒。
AA	87	だって、デンプンはこっちにあるじゃん。デンプンを取るんでしょ。

UFはすでに自分の実験方法が確立しているが、自分一人で実験を行なおうとしている。そこにAA82で「こっちにかけたほうが良くない？」こっちにかけた方が良いとUFに提案している。それによって、Wの発言も促されている。AA87で班内ではあるが、AAはUFに自分の意見を強くぶつけている。このように、AAがUFの意見を聞くことにより、質問や反論ができるようになった。

次に10月実践第1時で竜巻を理科室で再現する方法を班内で話し合っている様子である。

AA	61	圧力しらんけど、かけるやつでかける。それで、なんか、
UF	62	だから、ドライアイス、じゃあ、ドライアイス、ドライアイス置くじゃん、扇風機置くじゃん、それで、これを巻く。よし、それでOK.
AA	63	いや、まって、でもさあ、風ってさあ、風って進行方向じゃないとさあ、無理じゃん、だって、ぐるぐるって、
UF	64	無風の状態にして、
AA	65	だって、あれじゃん、なんか、こう、こっちが回るじゃん、こっち、これだっけ。 じゃなくてさあ、コリオリの力、コリオリの力でこうなるじゃん、だから、 そのままこうやって、回っていけばいい。どうやってやろう。
W	66	扇風機を使わない。

AA	67	ちょ、考えてよ。どうやってやるの。あのさー、やめようね。でも、どうやって圧力を取る？
UF	68	だったら、ここ、が一ってやった方が、だから、ドライアイスを置くと落ちるんだって。
AA	69	意味がわからん。(UF：ん？)
AA	70	どうやって圧力やんの？圧力、
UF	71	圧力かけない。
AA	72	だって、ここの空気、空気、いっぱいあるじゃん、無理。
UF	73	じゃあ、4つ扇風機使えばいいじゃん、

UF と AA の掛け合いによってドライアイスで空気を可視化することから、風の向きが進行方向でないといけなと発展し、さらに4つの小型扇風機を使用して圧力をかければ竜巻が発生するのではないかという話し合いがなされた。

このように UF と AA は二人の掛け合いによって実験方法を確定していくことができた。

1-3. 指導案の複線化

11月実践では静電気の授業であったが、生徒が下敷きで髪の毛をこする現象に注目するのか、脇で下敷きをこすって髪の毛に近づける現象に注目するのか、指導案を作成するときに予想がつかなかった。そこで、生徒同士の学び合いをさらに前面に出すために、第1時の指導案を複線化することにした。

9. 第1時指導案（本時） 11月8日（木） A案

本時の目標 静電気とは何かを考える
【A案】話し合いが下敷きと髪の毛の関係を探究する方向になっとき

段階	教師の活動	生徒の学習活動 指導上の留意事項
課題の設定	・起立、礼、着席。 「今日から3時間わたって静電気に関することを調べていきます。」 ・「先生が下敷きを渡す先生に髪の毛につくつける。その後、こする。」 ・授業の流れによっては髪でこすって、その後、髪の毛に近づける。 B案へ → (発問) なぜくつつくの？ ・マグネット板「こするとなぜくつつくの？」を貼る。	1 ・黙想する。 ※約20秒。気持ちを整えさせる。 ・下敷きと髪の毛の様子を見る。 ※ビデオ撮影をS先生にお願いする。 ＜予想される生徒の反応＞ ・こすると髪の毛がくつついた。 ・くつつきに決まっている。 ・脳でこするともってくつつく。 ※生徒にとってはよく知られている現象だが、なぜそうなるかまではわかっていないと思われるので、生徒の考えを引き出す。
仮説の設定	・プリントを配付する。 ・一番上の□に「こすることによって下敷きと髪の毛がどう変化したのか」を記入させる。	3 ・プリントに教師の指示を聞き、□に記入する。 ・その後、自分の意見を記入する。 ※4分経過したら近くの生徒同士で相談させる。
話し合い	・「こするとなぜくつつくの？」を話し合わせる。 ・生徒の意見を羅列して板書するのではなく、似ている意見をグループ化して書く。 B案へ → ・「電気」という用語が発音の中に出てくると予想される。電気とは「広く電気現象を起こさせる原因となるもの」「電灯」という2つの意味があるので、「静電気」という用語で統一していく。 ・「静電気」に関してはこするとくつついたり、反発したりする原因となる電気の一種という概念で話を進めていく。	10 ＜予想される話し合い＞ ・髪の毛は変化なし。下敷きが静電気を帯びた。 →くつつくということは髪の毛にも静電気が生じているのではない。 →どんな実験をしたら証明できる？ →髪の毛と別の物質を近づける。 →下敷きを脳でこすって、その下敷きを髪の毛に近づけるとくつつく。こすらなくてもいいのではない。 ・電子が移動した。 →どちらからどちらへ？ →プラスの静電気とマイナスの静電気が生じた。 →どのようにして生じた？ ＜抽出生徒＞ ・話し合いが停滞したときはUFにどのように考えているか聞く。 ・KNにも理由をつけて発表させる。 ・TYは自分の意見が否定されると何となく自分の意見が正しいと言うことを確認する傾向があるので、TYと逆意見が出ているときは、TYを指名する。 ・ある程度話が通ったらAAに整理させ、何がわかっていて、何がわかっていないかを整理する。

9. 第1時指導案（本時） 11月8日（木） B案

本時の目標 静電気とは何かを考える
【B案】話し合いがこすらなくてもくつつく場合があるということを探究する方向になっとき

段階	教師の活動	生徒の学習活動 指導上の留意事項
課題の設定	・起立、礼、着席。 「今日から3時間わたって静電気に関することを調べていきます。」 ・「先生が下敷きを渡す先生に髪の毛につくつける。その後、こする。」 ・授業の流れによっては髪でこすって、その後、髪の毛に近づける。 ・生徒を前に集ませる。 A案より → (発問) なぜくつつくの？ ・マグネット板「こするとなぜくつつくの？」を貼る。	1 ・黙想する。 ※約20秒。気持ちを整えさせる。 ・下敷きと髪の毛の様子を見る。 ※ビデオ撮影をS先生にお願いする。 ＜予想される生徒の反応＞ ・こすると髪の毛がくつついた。 ・くつつきに決まっている。 ・脳でこするともってくつつく。 ※生徒にとってはよく知られている現象だが、なぜそうなるかまではわかっていないと思われるので、生徒の考えを引き出す。
仮説の設定	・プリントを配付する。 ・一番上の□に「こすることによって下敷きと髪の毛がどう変化したのか」を記入させる。	3 ・プリントに教師の指示を聞き、□に記入する。 ・その後、自分の意見を記入する。 ※4分経過したら近くの生徒同士で相談させる。
話し合い	・「こするとなぜくつつくの？」を話し合わせる。 ・生徒の意見を羅列して板書するのではなく、似ている意見をグループ化して書く。 A案より → ・下敷きのような意見が出たときはこすらなくてもくつつく具体的な例を聞く。 ・「何が起きているの？」を考えさせる。ただし、下敷きには静電気が生じていることは確認しておく。 ・「電気」という用語が発音の中に出てくると予想される。電気とは「広く電気現象を起こさせる原因となるもの」「電灯」という2つの意味があるので、「静電気」という用語で統一していく。 ・「静電気」に関してはこするとくつついたり、反発したりする原因となる電気の一種という概念で話を進めていく。 ・静電気の誘導に関する話が出てきたら、下敷きはマイナスの電気を持っていることを生徒に示す。	10 ＜予想される話し合い＞ ・髪の毛は変化なし。下敷きが静電気を帯びた。 →くつつくということは髪の毛にも静電気が生じているのではない。 →どんな実験をしたら証明できる？ →髪の毛と別の物質を近づける。 →下敷きを脳でこすって、その下敷きを髪の毛に近づけるとくつつく。こすらなくてもいいのではない。 ＜予想される具体的な例＞ ・下敷きを脳でこすって、下敷きを髪の毛に近づける。 →下敷きをこすって、細かくちぎったティッシュに近づけるとくつつく。 →水道から水を出し、そこに近づけてもくつつく。 →何が起きている？ ・磁石との比較。 鉄は磁石ではない。しかし、N極を近づけると、磁石に近い側はS極になり、反発側はN極になる。だから、鉄は磁石にくつつく。 →静電気も同じではないか。 ＜抽出生徒＞ ・話し合いが停滞したときはUFにどのように考えているか聞く。それ

具体的には、A案（左）は、生徒同士の話し合いが下敷きと髪の毛の関係を探究する方向になっとき、B案（右）は、生徒同士の話し合いが下敷きと髪の毛同士を直接こすらなくてもくつつく場合があることを探究する方向になっとき、というように指導案を作成した。

実際の授業ではA案で進んだ。生徒の話し合いの流れを断ち切らず、学び合いを活かすには指導案の複線化は効果的であると感じた。

1-2、1-3で述べたような手立てを用いて、生徒の探究力の変容を見ながら、生徒主体の授業を目指して授業実践をしていった。

これまでUFとAAの学び合いや指導案の複線化について言及したが、次の項では、まずUF個人に焦点を当て、さらに次の項ではAA個人に焦点を当て、それぞれの探究力がどのように変容していったかを考察していく。

2. 生徒UFの探究する方法を考察する

2-1. UFの捉えと願い

今年度、UFを新たに抽出生徒とした。それは、研究1年目のUFは発言数も多く、積極的に実

験やクラス全体での話し合いに参加していたからである。ここに6月実践の学習指導案のUFの捉えと願いを示す。

「自然現象に疑問を見いだすことができ、話し合いを通して、考えを深めることができる。昨年度『どのような地震の時に津波が起こりやすいか』を話し合ったとき、『浅い、深い』という論点で話し合われたが、UFは震源の位置についてとプレートの沈み込みの深さについての2つの意味でつかわれていたことにいち早く気づき、教師に指摘した。しかし、自分の考えをノートに記録したりすることは苦手であった。6月実践では第1時の班の発表のときに、UFを指名し、班で話し合ったことを整理・分析し、はきはきとした言葉でクラス全体へ伝達できるようになることを期待する。」

UFは興味があることにはのめり込む性格である。例えば、10月実践第1時の班での話し合いの授業記録を示す。風に回転をかける話し合いが行われている。

UF	155	Wが高速回転すればいい（笑）。
UF	171	ヒートWンド現象。
AA	190	こうやってさあ、箱、箱にさあ、箱にさあ、扇風機っていうかさあ、これをこっちに風を送って。こっちも、こっちに風を送って、こっちに。で、こっちに、こうやっていけば、ぐるぐるぐるって、なんか。
W	191	できるの？そう、簡単にはできないと思うよ。
AA	192	圧力かければ、圧力かければできることない？
UF	193	ねえ、聞いている？だから、ドライアイスでやるんだって。
AA	194	だから、どうやってやるの？
W	195	そんなの無理だろ。
UF	202	そうか、あれだ。羽のない扇風機を使えばいいんだ。あれ使えばいいじゃん。
AA	203	どういうこと、それ。ちょっと、待って。それ、扇風機から、ここにドライアイスをおいて。
UF	204	ここと、ここに扇風機を置いて。扇風機の上にドライアイスを置く。
W	205	扇風機の上にドライアイス？
AA	206	あー、そういうこと。ねーねー、両方からっていうこと？
UF	207	違う、こことここに扇風機を置くじゃん。おまえら、聞いているのか、こことここに扇風機置くって言ってんだよ。

このようなUFが授業を通してどのように変容していくか、授業記録をもとに調べていく。

2-2. 対照実験

6月実践では4時間完了で「消化」の研究授業を行った。

単元を通した目標「バナナに含まれる栄養分を分解して取り出そう」

第1時 バナナに含まれるデンプンを分解して取り出す実験を計画する。

第2時 実験計画の再検討と実験。

第3時 デンプンを分解して糖分を取り出し、検出する。

第4時 消化や吸収のしくみを理解する。

第1時ではほとんどの生徒はだ液を加えてからベネジクト液で調べれば、バナナに含まれるデンプンが分解されたことを証明できると考えた。第2時に教師はバナナの成分をスライドで見せた(図2)。生徒たちはもともとバナナに糖分が含まれていることを知り、困惑した。

デンプン	22.84g
糖分	12.23g
脂肪	0.33g
タンパク質	1.09g
カリウム	358mg
食物繊維	2.6g
ビタミンC	8.7mg

図2：第2時に提示したスライド

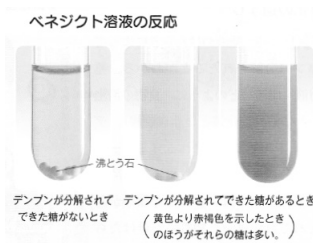


図3：ベネジクト液の色の違い

しかし、UFはベネジクト液の性質を調べ、何とか乗り越えようとした。教科書³⁾には糖分の量の違いによるベネジクト液の色の違いが載っていた(図3)。UFはこの色の違いを利用しようとした。すなわち、水とバナナを入れた試験管、だ液とバナナを入れた試験管の2本を準備し、だ液が入っている試験管の方はもともとバナナに含まれている糖分とだ液が新たにデンプンを分解してできた糖分が含まれるので、ベネジクト液の色が濃く出るはずだと考えた。以下に第4時の班内での授業記録を示す。

MA	136	いってらっしゃい。〔IKはだ液をビーカーAに入れに行く。〕
AA	137	何でこん中に入れたの?〔AAの「こん中」とは試験管Cを指している。〕
UF	138	変化を見るため。
AA	139	あー、そう。

UFは引き続き、クラス全体の話し合いのときに以下のような発表をする。

UF 625	<p>はい、片一方に水だけ入れると、・・・、反対側も、あの、水？反対側のものが水と反応したりすることがあるんで、あの、水以外、何て言うんだろう。</p> <p>そっちが、えっと、水だけ入れたベネジクト液が、その、何て言うんだろう、水に、え、て言うか、何だ？条件が違うと思うんですけど。両方に水を入れておかないとだ液入れたものと水を入れてあるもので変わってくると思う。</p>
--------	---

UFは何度も言い直しをしているが、「条件」という用語にたどりつく。調べたいこと以外の条件はそろえておくという対照実験を意識していることが窺われる。UFはAAと話し合いをしているうちに、本研究で定義する「探究力」の①課題の設定、②仮説の設定、③実験計画の流れがうまくできていたと考えられる。

2-3. 探究心の芽生え

10月実践では本研究で定義する「探究力」の⑤整理・分析、⑥まとめの力を育成するために、引き続きUFとAAを同じ班にし、教師の演示実験のときに生徒を前の教卓に集め、すぐに意見を言いやすい、すぐに実験をやりやすい環境をつくって臨んだ。10月実践は3時間完了で「大気の動き」の研究授業で竜巻の再現実験をすることを通して行った。

第1時 竜巻の再現実験の方法を考える。

- ・「上昇気流」「空気の回転」の2つの条件がそろう実験方法を考える。
- ・竜巻モデルの可視化を考える。
- ・班で話し合う。
- ・クラス全体で話し合う。

第2時 竜巻の再現実験の方法を練り上げる。

- ・竜巻の演示実験を見て、問題点を考える。
- ・演示実験を参考にして、改良点または新しい方法を考える。
- ・クラス全体で話し合う。

第3時 自然界レベルの視点で竜巻をとらえる。

- ・竜巻の再現実験をする。
- ・理科室レベルの視点から自然界レベルの視点への変換をし、実際に竜巻が起きる条件を考える。

竜巻に関しては学術的にもまだ全貌が解明されておらず、生徒の探究心を煽るには適当だと感じ、竜巻を通して、大気の動きを考えることにした。ここで言う探究心とは、だれかに反論されて言い返す気持ちではなく、自ら実験をして探究しようとする気持ちのことである。第1時では竜巻を理科室で再現するためには「上昇気流」と「空気の回転」が必要ということを生徒が予想した。生徒はその2つの観点から実験方法を考えた。第2時に教師は生徒が第1時に考えた実験を演示実験として生徒に見せ、改良点を全員で検討した。ここで、第1時と第2時では竜巻の中でも特に風の動きについて調べた。第3時には理科室レベルから自然界レベルへと視点を変更し、実際に自然界で起こる竜巻の発生へと移行できるようにした。

まず、第2時のようすをここに紹介する。教師は細かくした発泡スチロールを4方向からテーブルに水平方向に小型扇風機で風を当てる演示実験をした(図4)。

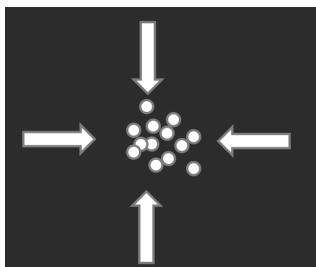


図4：第4時の実験

しかし、発泡スチロールは無秩序に動くだけで、竜巻らしきものが見えなかった。そのときの授業記録をここに示す。

TY	163	何かの囲いの中でやって、力を何か集中させる。
T	164	囲いか、これ、あー、囲いでやるってことな。
UF	165	先生、先生、さっき、ビーカーでなったよ。
T	166	ビーカーでなった？ [教師はTYの意見を板書する。]
UF	167	今。さっき、遊んどったら。
T	168	はい、で、UF君の遊び情報によると、はい、これで当てるとくるくる回る。 回った？上がった？上がった？回った？
UF	169	上がった。
T	170	上がった。

UF	171	上がって、曲がった。
T	172	じゃあ、じゃあ、UF君の遊び心に、じゃあ、いくぞ。上から当てた？
S	173	上昇気流じゃないんじゃない？ 〔教師は小型扇風機をUFに渡す。〕
T	174	特別にUF君にやってもらおうかな。はい、これこれ。みんなに見えるように。 はい、いいよ。行け。
UF	175	無理だった。 〔UFはビーカーに発泡スチロールの粒を入れ、上から小型扇風機で風を当てる。 しかし、竜巻状のものは見られなかった。〕 〔生徒から笑いが起こる。〕
T	176	はい、ありがとう。ということで、くるくる回るのとは何かいけそうだな。 あと、これ、どうしよう。何かないか。

TYの発言で何か、囲いの中でやるべきという案が出され、UFは小さいビーカーで実験する。しかし、うまく回転は見られなかった。その後、班の話し合いの中で大きいビーカーでやればできるかもしれないと意見を出し、何とか竜巻を作り出そうという探究心が芽生え始めていると思われる。

UFが大きいビーカーでやろうとしていたことは授業記録を見て、初めて気づいたのでUFの大きいビーカーの実験を全体場で発表させたり、それをもとに考察するまでには至らなかった。

今後は班で話し合った記録を付けさせ、それを机間巡視のときに見て、それを授業内で活かすことをしなければならないと感じた。

2-4. まず仮定して矛盾があるかを考える

11月実践では下敷きをテーブルでこすり、その下敷きをほこりや紙に近づけるとくつつくという現象のモデル図を全員で考えていた。11月実践でも本研究で定義する「探究力」の⑤整理・分析と⑥まとめの力を育成するために、今度はAAとの話し合いだけではなく、クラス全体で話し合いをすることによってUFの探究力を見たいと考え、班はつくらないことにした。授業の流れも班での実験をなくし、教師が演示実験をし、その場で生徒は意見が言えるようにした。

第3時に下敷きをテーブルでこすり、その下敷きをほこりや紙に近づけるとなぜくつつくかをモデル図で推論した。TRの考えたモデルを図5、図6に示す。

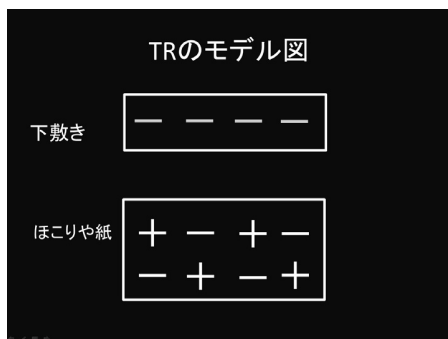


図5：下敷きを近づける前の様子

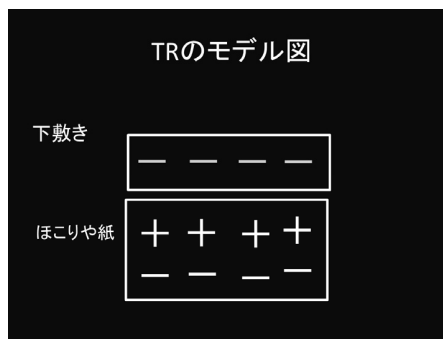


図6：下敷きを近づけたときの様子

TR はマイナスの電気を帯びている下敷きをほこりや紙に近づけると、下敷きの方にプラスの電気が近づき、マイナスの電気は遠ざかる。すると、下敷きとほこりや紙の境目でマイナスの電気とプラスの電気が引き合うので、くっつくと考えた。

ここで、下敷きはマイナスの電気を帯びるという前提に関して論じる。教師はこの授業で下敷きはこすることによってマイナスの電気を帯びることを

生徒に伝えている。本来ならば、電子の放出しやすさ、電子の受け取りやすさを表す摩擦帯電

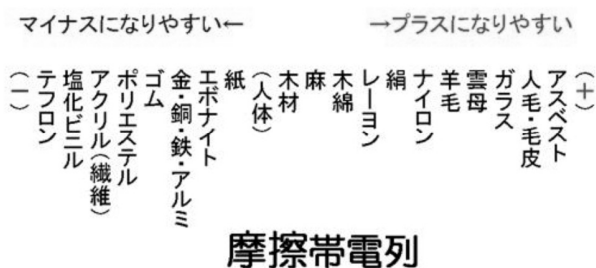


図7：摩擦帯電列

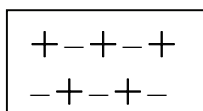
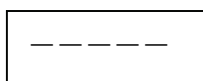
列⁴(図7)を知らなければわからないことである。この授業だけでは下敷きがどちらの電気を帯びるかを特定することはできない、そのような不安定な状態で話し合いをするよりも、下敷きはマイナスの電気を帯びていると生徒に伝えた方がモデル図を考えやすいであろうという教師の意図であった。

UF は TR の発表の後、質問をする。

UF	271	TRじゃなくて、先生に質問なんですけど、
T	272	おれ？
UF	273	あの一、ほこりがあるじゃないですか。
T	274	はい、ほこりがありますね。
UF	275	で、ほこりの中にあるプラスとマイナスは

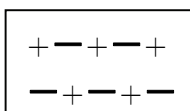
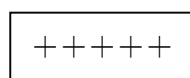
T	276	はい。
UF	277	物体の中で
T	278	はい。
UF	279	移動できたりするんですか。
T	280	移動が可能かっていうこと？
UF	281	そうです。
T	282	ということよりも、現象からどうなるかっていうことを推測してほしいんだ。
UF	283	あの一、ぼくもその図を書いていたんですけど、
T	284	移動するかもしれないし、移動しないかもしれない。だから、くつつくことから考えて、どうなるだろうかということ。
UF	285	え、ぼく、その図、TRと同じ図を書いたんですけど、
T	286	あ、同じな。
UF	287	動かないと、その一、プラスとマイナスの位置が変わらないと、SK君のような図からプラスだけ反応するときとマイナスだけが反応するときがあるってということかもしれないから、

教師はここでUFの質問に答えて事実を明かすよりも現象からどうなるかっていうことを推測してほしかったので、T282「ということよりも、現象からどうなるかっていうことを推測してほしいんだ。」のように答えている。ここで、UF287は何を意味しているかを図8と図9で示す。



プラスだけが反応する

図8：マイナスの電気を近づけたとき



マイナスだけが反応する

図9：プラスの電気を近づけたとき

UFはプラスとマイナスが固定されていると仮定すると、点正在しているプラスだけが反応したり、点正在しているマイナスだけが反応することはないと考えた。よって、プラスとマイナスは固定されていないと結論づけ、TRのモデル図に賛成した。

UF はこのように、ある仮定をするとおかしいことが起こる、だから仮定が間違っているというような考え方をするようになっていた。

このように班をなくし、クラス全員が同じ実験を見ながら話し合いをすることによって、UF は TR のモデル図を説明するための自分の論理をつくり出すことができたと思われる。

2-5. モデル化して推論する UF

2-2～2-4 で述べたように、UF は自然を探究するに当たっての手立てを実験した事実から生み出している。指導案にあった「話し合ったことを整理・分析し、はきはきとした言葉でクラス全体へ伝達できるようになることを期待する」の中でも、話し合ったことを整理・分析に関しては、先ほど発表した TR の意見を咀嚼し、こう仮定すると、おかしいので、その仮定が間違っていると分析し、さらにプラスの電気をもった物体を近づけるとどうなるかというところまで発展させることができた。

「1. 本研究で定義する『探究力』」で設定した項目で UF の探究力の変容を見ることにする。ここで、特筆すべきことであるが、UF は実験・観察をして、その結果を整理・分析するというステージから、実験・観察の結果をモデル図として表現し、そのモデル図を使った推論ができていることがわかった。2 年目に「探究力」の項目を吟味したが、その教師の設定を超える UF を見て、今後も生徒の様子を見ながら、再定義を繰り返していかなければならないと感じた。

一方で、「はきはきとした言葉で」という点について UF は、何度も言い直しがあり、まだこの点で伸ばすべきところがあると思われる。

UF は話し合いによって解決する経験が不足しているので、AA と同じ班にした。二人の掛け合いによって、実験をすすめることができた。AA は話し合いを記録するために不明なところは UF に確認した。だから、UF は自分の考えている実験を説明することができた。今後は AA 以外の生徒といっしょに実験をさせるときでも、UF に自分一人でやらせず、班員に今、何のためにどのような実験をしているのか、班員に説明させることで、話し合いを通して問題解決をしていくことを経験させていきたい。

3. 生徒 AA の探究力を考察する

3-1. AA の捉えと願い ―1 年目

1 年目の 5 月実践の時の学習指導案にあった AA の捉えと願いを示す。

「几帳面で責任感が強い性格である。グループの意見をまとめ、発表することができるようになることを期待する。」

図 10 は班で、空気中に伝わる音の速さを測定する方法を話し合ったとき、それを記録した AA のノートである。班で話し合われたことを詳細に記録し、図を使って実験方法を説明できている。ただし、授業内での発言はなかった。

次に 9 月実践第 1 時の班で話し合いをしているときの授業記録を示す。班でどのような地震のときに津波が起きやすいかを話し合っている。

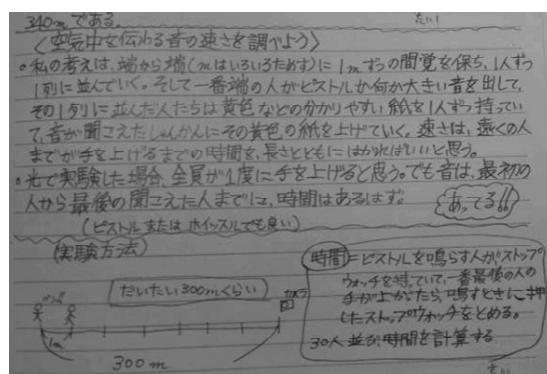


図 10 : AA の 5 月実践のときのノート

AA	91	ちょっと、どうすんのよ。どうすんの。
KN	92	よっしゃ、待って。えーとね、ペン貸して。ちょっと、ペン貸して。違う。 深い。
AA	93	深い？
SY	94	そういう問題じゃない。
AA	95	震源が何？
FT	96	何で深いの？
AA	97	震源が、
SY	98	浅いでしょ。
AA	99	震源が、
KN	100	震源が、じゃあ、
AA	101	震源って何？

AA91、AA101 のように同じ班にいた KN に頼る発言を繰り返しており、自ら探究する姿勢は見られなかった。

さらに 10 月実践第 3 時の班内で話し合っているときの授業記録を示す。班で目の前にある水溶液が炭酸水であることを証明する方法を話し合っている。

FS	88	気体検知管。
KM	89	おれ、けんたさんがいい。けんたさんがいい。
AA	90	よし、決まり。

Y	91	あんたたち、代表者じゃないでしょ。
FS	92	けんたさんだった？
KM	93	けんたさん、知っている？本当の名前何だったっけ？
FS	94	えーと、さがつくやつだよね。さ、何とか何とか。
Y	95	書いてあると思わない？
KM	96	は？
Y	97	これ、何？ちなみに。
KM	98	いや、何となく書いてある。
FS	99	うちのさ、学校、気体検知器の名前けんちゃんだったよ。
KM	100	書いてあるけどね。
FS	101	うち、まじめにけんちゃんだった。
KM	102	でも、意味ないよ。
FS	103	Yちゃん、
KM	104	弟が何かねえ、弟がこれで何かゲーム始めるとか言っていた。書いて、書いて。
Y	105	あー、いいじゃん。その弟。
FS	106	いくつ、弟？
KM	107	小2。
FS	108	へー。
AA	109	振って石灰水だって。何か、適当に言ったら、それでいいって言われた。

FS88 で気体検知器が提案され、AA90 ですぐにその案に飛びついてしまっている。また、AA109 から主体的ではなく、何かやらされているような感じを受ける。総じて1年目のAAは実験・観察の結果を整理して考察するところで止まっており、科学的な用語を使用して説明するところまでは至らなかった。

3-2. AAの発言に見る ―2年目

AAの1年目の様子を踏まえて2年目の6月実践の学習指導案ではAAの捉えと願いを次のように書いた。

「本来は自分自身の考えを持っているが、うまく表現できていない。5月実践ではNo.4UFと同じ班にして、UFの意見を参考にすることによって、彼女自身の考えが引き出され、自主発言ができるようになることを期待する。

実験結果を整理してまとめるだけでなく、そこから何が言えるのか班の話し合いの中で引き出していきたい。」

AA の学び合いを通しての探究力の変容を 6 月実践、10 月実践、11 月実践を通して考察していく。

3-2-1. 実験の限界を把握

6 月実践ではバナナに含まれるデンプンを取り出す実験を考えた。UF と AA はだ液の入っている方の糖分が多いので、ベネジクト液の色が濃くなるだろうと考えていた。（「2-2. 対照実験」を参照）しかし、実際に実験をしてみると水を入れた方が色が濃くなり、だ液を入れた方が色が薄くなってしまった。つまり、予想とは逆になってしまったのである。これを AA はクラス全体で発表した。そのときの授業記録をここに示す。

AA	694	まあ、私たちのやった実験だと、結論が何か良く出ていないんで、8 班の人が出した結果、結論の方がえーと、何かわかりやすいんですけど、えーと、ちょっと、考えたんですけど、だ液が入ると、温度が変わるんじゃないかと思えます。
----	-----	--

AA の発言はその後、KN に否定されてしまうが、「だ液を入れたので、温度が変わった」と理由が入っている。これは班の中で UF と話し合いをしながら積み上げてきたものを何とか無駄にせず、温度という他の要因で抜おうとしていたと考えられる。AA は何とかこの逆になってしまった現象を説明しようと試みている。この点が 1 年目と変わったところである。

この時間の最後に生徒に「今後、調べてみたいこと」を書かせた。そこで AA は「消化器官のどこでデンプンが糖分にかわるのか」と書いている。AA たちの行った実験では、だ液のみでデンプンが分解するかどうかはわからないので、AA はその限界を把握していることが窺われる。さらに、AA は実験の限界がわかっているからこそこのような疑問が生じると思われる。班員に流されず、今、班でおこなっている実験の限界も把握し、次に何を明らかにしようとしているかを構想できるようになってきたことがわかる。

3-2-2. AA の意味する「圧力」とは

6 月実践で UF との学び合いが進みつつあったので、10 月実践でも AA と UF を同じ班にして、実践することにした。10 月実践第 2 時の授業記録をここに示す。このとき、理科室で竜巻を再現するにはどうすればよいかを教師の演示実験を見ながら話し合っている様子である。

AA	49	力が真ん中に行かないし、圧力がかからない。
AA	52	え、もっと、圧力っていうか。 [AAは両手を動かして、風の動きを説明しようとしている。]
AA	92	あの一、もっと、近づけて、扇風機じゃなくて、圧力っていうか。
AA	94	いや、そうじゃない。扇風機をくっつけるんじゃないで、扇風機を くっつけても、回らないから、くるくる回らないから、

このように、AA は竜巻を発生させるためには「圧力」が必要と考えている。このとき、教師は AA がなまじ「圧力」という理科の用語を使っているので、単位面積当たりの力ととらえてしまっている。引き続き、AA は班内での話し合いのときにも「圧力」という言葉を使って探究している。果たして、AA の「圧力」にはどのような意味が込められていたのかを分析していく。

AA	269	ね一、ね一、上に行かせるって、磁石とかだめだよ。
UF	270	無理だろ。あ、砂鉄。
AA	271	だってさあ、磁石とか結構曲がるじゃん。圧力。
AA	277	磁石を置いて、こうやって、圧力を真ん中に。だめ？

AA の発言には彼女なりの理屈が込められていると考えられる。例えば、AA271 で「磁石とか結構曲がるじゃん」とあるが、これは「磁石によって曲がる」の言い間違いなのではないか、もし、言い間違いだったとしても何が曲がるのか、この授業記録だけではわからない。

ここで問題になっている「圧力」に関しても AA277 の「圧力を真ん中に」という発言より、容器の上で空気を吸い上げる器具を圧力と言っているのではないかと予想した。AA が何を意味していたのかを知るために、AA 本人に授業外のところで、何を意味していたかインタビューを試みた。

「磁石とか結構曲がる」に関して、この発言を本人はあまり覚えておらず、本人が言うには、同じ極を近づけると反発するので、その反発する力を使うという意味であった。空気は本来、磁力の影響を受けないが、AA は影響を受けると考え、同じ極の磁石をおくと、反発するので、空気も磁石によって動くと考えたようである。

「圧力」に関しては、この単元の最初に竜巻のビデオを見た。そのとき、家が持ち上がるほどのすごい力であった。

「圧力とはゴオッて力が集まる。そう、回転がかかるみたいな。」

これは本人の生の声である。AA はこのように回転を意識した強い力が集まることと考えていたようである。

その後も AA は「圧力」という考えで竜巻の再現実験を考えた。クラス全体の話し合いのときに KN が次のような実験を考えた（図 11）。

KN は箱を用意し、内部に金網を敷く。そこに細かくした発泡スチロールを置き、金網の下から小型扇風機を傾けて風を送るという方法を発表した。それに対し、AA は質問する。

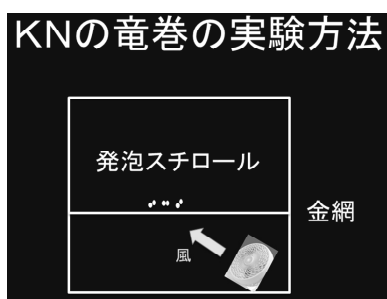


図 11 : KN の考えた実験方法

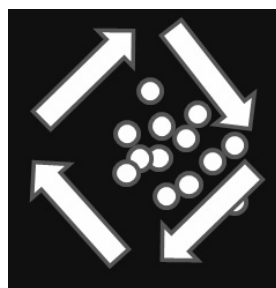


図 12 : 「4つ」とは

AA	718	だから、当たっても、その風は上に行くだけだと考えるとすると、4つやって、さっきみたいにあの一、・・・をつくってから、回した方が風も回ると思います。
----	-----	---

この「4つ」というのは、UF が提案した回転がかかるように 4 方向から小型扇風機を当てるということを指している（図 12）。AA はこの KN の実験方法では「圧力」が足りないと考えたとと思われる。

3-2-3. 教師の意図を超えた質問

11 月実践では AA も UF とだけでなく、他の生徒との関わりあいもさせたかったので、班をつくらず、クラス全体で同じ実験を見て、そこですぐに意見が言えたり、別の実験ができるようにした。11 月の静電気実践での AA の様子を論じる前にストローの実験を示す。ストローをティッシュでこすり、もう一本ストローを準備し、ティッシュでこすったストロー同士を近づけると、反発するという実験を行った。このとき、教師は下敷きと同じ材質であるストローはマイナスの電気を帯びると生徒に伝えていた。

下敷きをテーブルでこすり、それをほこりや紙に近づけるとくっつくというモデル図を生徒に考

えさせた。SKは図13、図14のように考えた。

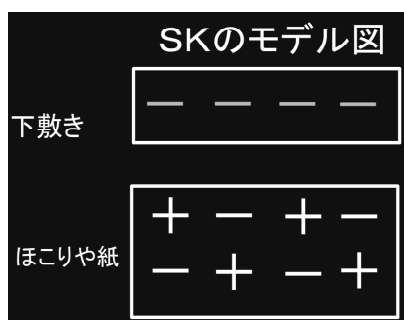


図13：下敷きを近づける前の様子

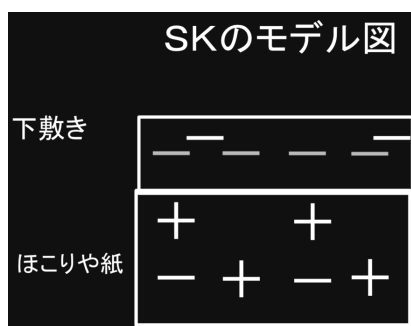


図14：下敷きを近づけた後の様子

図13のようにマイナスの電気を帯びた下敷きを近づける。すると、図14のようにほこりや紙の方からマイナスの電気を持った電子が下敷きの方へ移動するというように考えた。そのとき、AAが反論し、前に出てきて黒板で説明をした。図15はそのときのAAとSKの様子である。



図15：AAとSKの様子

AA	239	これとこれくつつくんですよね。マイナスとマイナスがくつつくんですよね。さっきの実験はマイナスとマイナスが反発するって。
SK	240	あー、そういうことか。あー、
AA	241	という実験をやったんです。
SK	242	うう、うわー。
T	243	ということで、他のみなさん、どうですか。AAさんの意見に賛成？どう？
SK	244	うわー、まじかよ。
T	245	はい、じゃあ、SK君、どうする。
SK	246	えー。
T	247	マイナスとマイナスが反発するはずなのに、反発するのにくっついているということだよな。どうだ？
SK	248	あれー、おかしいな。

この授業ですでにストローの実験で、マイナスの電気とマイナスの電気は近づくと反発することはわかっている。AAはその実験をもとに発言し、SKの発言がおかしいことを論理的に説明している。

この後、机間巡視をしているときにAAは教師に以下のように質問した。

AA	320	下敷きも髪の毛もプラスとマイナスどっちもあるんだったら、どっちかがマイナスって決まらなと下はプラスって決まらなんじゃないですか。 だから、あの、今は下敷きをマイナスに設定してやっているけど、それをもし、髪の毛にたとえたら、下敷きは、下敷きはマイナスにしかないんですか、え、そっちを基準にするんですか。
----	-----	---

教師はこのとき、AAが何を言っているのかわからなかった。AAの発言をここに分析する。「今は下敷きをマイナスに設定して」というのは、「今は」とAAが発言しているので、「考えやすいように先生がマイナスと設定したのですか、本当のところはどうなんですか？」と考えていると思われる。「そっちを基準にするんですか」に関しては、「そっち」とAAが発言しているので、「下敷きがマイナス」というのを指していると思われる。だから、AAは「先生が下敷きをマイナスと決めたから髪の毛はプラスなんですか？」と考えていると思われる。

確かにこの時間、教師は生徒が考えやすいように、下敷きがマイナスの電気を帯びると生徒に伝えた。もし、逆に下敷きをプラスに設定したとしてもプラスとマイナスが逆になるだけで、辻褄は合う。教師は生徒が考えやすいように意図したが、AAはその意図を超えた質問をしていることに気づいた。ただし、AAのこの発言はわかりにくく、整理して伝えることを正確にはできていないところが惜しいところである。

AAは今までわかったことを把握し、自分の意見を全体場で発言できるようになった。ただ、発表するときの表現力にはまだ伸ばすべき点があると思われる。

3-3. AAの変容

「1. 本研究で定義する『探究力』」で設定した項目でAAを見てみる。1年目のAAはあまり積極的に実験に参加することはなかったが、2年目は、授業内の実験で積み上げてきたことを把握し、自分の意見を全体場で発言できるようになった。本研究で定義した項目を超えて、「教師の意図を超えた質問」もすることができた。今後のAAの伸びを感じさせる部分である。

しかし、発表するときの表現力はまだわかりづらく、発展途上である。今後は、AAに問い直し、

AAの理屈が外へ引き出されるようにしていく。たとえば、先ほどの例で言うと、AAが「磁石が曲がる」と発言したら、教師は「磁石が曲がるとはどういうこと？」と問い直し、AAが「磁石によって曲がる」と答えたら、教師は「磁石によって何が曲がるの？」と問いなおす。このように、AAが何を主張しているのかを明らかにしていきたい。

おわりに

私は中等教育研究部で2年間探究学習に関する研究を行った。有意義であったことは、自分の授業を客観的に振り返ることができたことである。何の学術的な理論に基づくことなく、単なる経験による自信だけで授業を行っていたので、授業内容は常に教師の想定に持っていこうとする授業であった。

改めて新学習指導要領を読んでみた。中学校学習指導要領第2章第4節理科には「自然の事物・現象に進んでかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う」と書かれている。

このように新学習指導要領でも「探究」の重要性が書かれている。生徒を抑えつけて、静かに座って授業を受けさせるよりも、いかに生徒の学習意欲に火をつけ、積極性をもって授業に参加させることが大切であると考えます。

静電気の授業で実験結果をモデル図で推論できることがわかったので、私にとって探究学習がやりにくいと考えていた植物の分類や動物の分類に関しても観察を基本とした探究をしていきたいと思う。

また、中学校学習指導要領第1章総則第4では「各教科等の指導に当たっては、生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識および技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、生徒の言語活動を充実すること。」と書かれている。

このように「全教科での言語活動の充実」が挙げられている。これは1つの教科だけでは対応できないので、全教科の先生の取り組みが必要となってくる。

2007 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)調査の結果を藤村宣之は「実験や調査、観察といった具体的な活動は、日本の理科授業では多く取り入れられているが、実験や調査を子ども自身が計画したり、日常的な事象と関連づけたりする活動が国際的に見て相対的に少ないこと、その傾向は中学校の理科においてより顕著であることを示している」と分析している⁵。私の過去を振り返ってみると、教師が一方的に講義をする形式では、生徒の変容を見ること

はできなかった。しかし、学び合いを導入し、探究力の変容を研究してみると、生徒は自然現象に疑問を見出し、仮説を立て、実験方法を自ら考え、実験し、話し合いを通して疑問を解決していった。まさに、生徒の変容を目の当たりにしたのである。まだわずかではあるが、授業の醍醐味に触れることができた気がする。

「探究力」の項目を2年目に吟味したが、それでも生徒は教師の想定を超える能力を見せつけてくれた。今後、授業記録、授業分析、授業研究などの具体的事実から学んだことを生かし、この項目を常に再吟味しながら授業をしていかなければならないと感じた。今後も探究学習を通して、講義形式の一方通行である教師主体の授業ではなく、生徒自らが探究する生徒主体の授業を目指していきたい。

¹近藤英章(2012)「探究的な学習活動を通して理科好きな生徒の育成—生徒主体の授業づくりを中心に—」『中等教育研究部紀要 学校法人名古屋石田学園』第4巻 P.37～P.58

²「平成18年度小学校・中学校・高等学校『総合的な学習の時間』研究協議会」で示されたものと大村章道編(1996)「教育心理学Ⅰ」東京大学出版 P.64 を参照した。

³啓林館「未来へひろがるサイエンス2」P.13 実験の手引きを引用した。

⁴<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ohkura/seidenki/taidenretu.htm> の図を使用した。

⁵藤村宣之(2012)「数学的・科学的リテラシーの心理学」有斐閣 P.160 から引用した。

